

## 一様気流中の異形状曲円柱から発生する空気力学的騒音

|                |   |
|----------------|---|
| その他（別言語等）のタイトル | Aerodynamic Sounds Generated by Curved Columns in a Uniform Air Flow          |
| 著者             | 松本 大樹, 西田 公至, 齋當 建一   |
| 雑誌名            | 日本機械学会論文集. C編   |
| 巻              | 64  |
| 号              | 628   |
| ページ            | 4618-4625   |
| 発行年            | 1998-12   |
| URL            | <a href="http://hdl.handle.net/10258/670">http://hdl.handle.net/10258/670</a> |

doi: info:doi/10.1299/kikaic.64.4618

## 一様気流中の異形状曲円柱から発生する空気力学的騒音

|                |   |
|----------------|---|
| その他（別言語等）のタイトル | Aerodynamic Sounds Generated by Curved Columns in a Uniform Air Flow          |
| 著者             | 松本 大樹, 西田 公至, 齋當 建一   |
| 雑誌名            | 日本機械学会論文集. C編   |
| 巻              | 64  |
| 号              | 628   |
| ページ            | 4618-4625   |
| 発行年            | 1998-12   |
| URL            | <a href="http://hdl.handle.net/10258/670">http://hdl.handle.net/10258/670</a> |

doi: info:doi/10.1299/kikaic.64.4618

## 一様気流中の異形状曲円柱から発生する空気力学的騒音\*

松本大樹\*<sup>1</sup>, 西田公至\*<sup>2</sup>, 齊当建一\*<sup>2</sup>

## Aerodynamic Sounds Generated by Curved Columns in a Uniform Air Flow

Hiroki MATSUMOTO, Kohshi NISHIDA and Ken-ichi SAITOH

This paper deals with aerodynamic sounds generated by the curved columns in a uniform air flow experimentally. The curved column is formed in V-shape by bending a straight column to an angle of  $2\theta$ . The angle  $\theta$  means the angle between the direction of air flow and a one-sided straight part of V-shaped column. The bend part has a radius of curvature of  $R$ . In the experiment, the effects of  $\theta$ 's and  $R$ 's on the aerodynamic sound have been examined in detail. The results of the frequency analyses of aerodynamic sounds show that when  $\theta \leq 90^\circ$ , eminent aeolian tones are generated by the curved columns and moreover, that the peak frequencies of aeolian tones are affected by the values of  $R$  and  $\theta$ . However, when  $\theta > 90^\circ$  aeolian tones are not generated but whistling noises generated in a broad frequency range.

**Key Words:** Sound, Aerodynamic Acoustics, Noise, Aeolian Tone, Broad Band Noise, Curved Column, Uniform Air Flow, Frequency Analysis

## 1. 緒 言

列車や車などの移動手段の高速化に伴う空気力学的騒音(空力音)の増大は、沿線や道路沿い、もしくは車両内での騒音問題を引き起こし、近年ますます注目されている。例えば新幹線においては、パンタグラフや、車両外部に取付けられた空調装置、吸排気口などが主要な音源となる空力音が問題となっている<sup>(1)</sup>。これらの音源の発生メカニズムを明確にすることができれば、空力音を減少させるための有効な対策を行うことができ、騒音問題の解決につながる。

列車の空力音の中でも特に主要な音源であるパンタグラフ<sup>(1)</sup>のおもな部材は円柱である。このほかに円柱は、車両のアンテナやコイルばね、熱交換器、住宅の手すり、電柱、電線など、基本的な部材としてさまざまな部分で使用されている。その基本的な部材である円柱が気流中に存在する場合に発生する空力音の特徴を明らかにすることは、空力音によるさまざまな騒音問題を検討する上で、重要なことである。

従来の、円柱から発生する空力音に関する研究では、

いずれの場合も直円柱を対象としたものばかりである。例えば、単独の直円柱を対象としたもの<sup>(2)-(5)</sup>や、平行に配列された複数本の直円柱を対象としたもの<sup>(6)</sup>、2本の交差させた直円柱を対象としたもの<sup>(7)</sup>などがある。しかしながら、実際の構造物から発生する空力音による騒音問題を解決するためには、直円柱のみに着目した研究の結果だけでは、不足していると考えられる。実際に部材として用いられている円柱の形状は、流れに対してさまざまな角度で存在し、また組合されることによって複雑な構造をもつからである。たとえば、パンタグラフではV字状の構造をもち、コイルばねでは曲率をもっている。

そこで本研究では、円柱の流れに対する傾斜や曲率を考慮に入れ、V字形状に曲げられた曲円柱が一様気流中に存在する場合に発生する空力音について実験的に検討する。このような複雑な形状をもつ物体から発生する空力音は、理論的な予測が困難であり、実験的に現象を把握することが重要である。また、直円柱などの二次元モデルでは、端板を用いて流れの二次元性を高め、発生音の特性を検討している<sup>(2)</sup>。しかし、曲円柱は流れに三次元性を有する形状であるために、端板の影響により曲円柱の本質的な特性を損ねる可能性があると考え、端板を取付けずに曲円柱から発生する

\* 原稿受付 1997年12月17日。

<sup>1</sup> 准員, 室蘭工業大学大学院 (☎ 050-8585 室蘭市水元町27-1)。<sup>2</sup> 正員, 室蘭工業大学。

空力音に関する現象を把握する。

本研究の目的は、曲円柱から発生する空力音の特徴を明らかにすることであり、一様気流中の曲円柱の形状変化に伴い発生する空力音特性を実験的に明らかにする。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図1に示す。風洞は、一辺の長さ  $W_N$  が 100 mm の正方形の吹き出し口をもつ開放形である。流速は、送風機の回転数を制御することで 0~50 m/s まで連続的に変化させることができる。流速の測定は JIS 形ピトー管により行った。空力音の

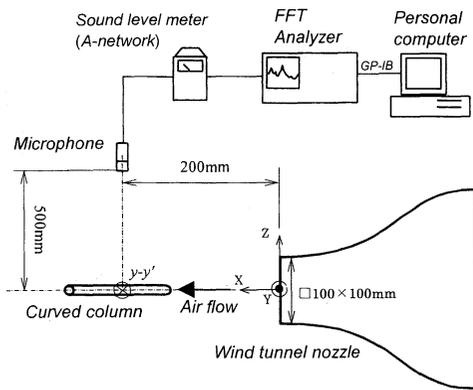
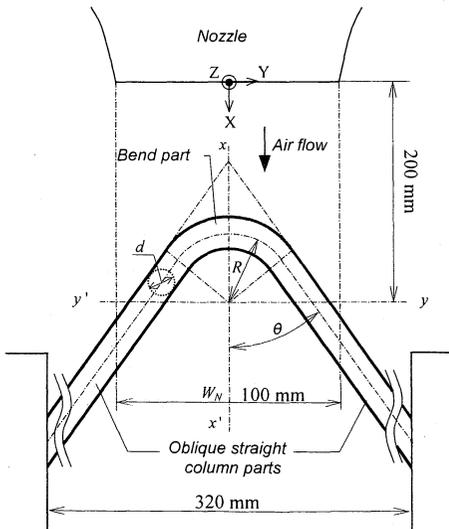


Fig. 1 Experimental apparatus



$d$ : Diameter of column 6mm  
 $\theta$ : Opening angle  
 $R$ : Radius of curvature  
 $W_N$ : Width of nozzle 100mm

Fig. 2 A curved column

測定に際しては、直径 1/2 インチの無指向性マイクロホン、聴感補正回路を A 特性に設定した精密騒音計、および FFT アナライザを使用した。マイクロホンは、ノズルの吹き出し口より水平下流方向に 200 mm、垂直上方に 500 mm の位置に鉛直下向きに設置した。

供試体である曲円柱を図2に示す。曲円柱は、曲率をもつ部分と、傾斜した直円柱の部分とからなる。本研究では曲率をもつ部分を円弧部、円弧部の両側の傾斜した直円柱部分を傾斜部と呼ぶ。曲円柱は  $x-x'$  軸に対して、左右対称の形状をしており、傾斜部の片方の円柱と  $x-x'$  軸の下流方向とがなす角を開き角  $\theta$  とし、円弧部の曲率半径を  $R$  とする。曲円柱の形状はこの二つのパラメータによって決定される。表1に示すように、 $\theta$  によって  $\theta < 90^\circ$  では流れの上流側に閉じた形状、 $\theta > 90^\circ$  では、逆に流れの上流側に開いた形状となる。なお  $\theta = 90^\circ$  のときには、直円柱を流れに垂直に挿入した場合に相当する。

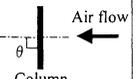
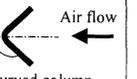
曲円柱の設置は、吹き出し口の中心を含む水平平面上に V 字を描くように、かつ図2中の  $x-x'$  軸がノズルの中心軸と一致するようにした。また、円弧部の曲率の中心をマイクロホンの真下に合せた。曲円柱は、流路外に位置する傾斜部において固定され、固定点間の距離は 320 mm である。

曲円柱の曲率の中心の位置 ( $X=200$  mm,  $Y=0$  mm,  $Z=0$  mm) における噴流は、噴流中心 ( $Y=0$  mm,  $Z=0$  mm) から  $Y=\pm 35$  mm,  $Z=\pm 35$  mm 程度までは、中心とほぼ同じ速度を保っている。また、 $Y=\pm 60$  mm,  $Z=\pm 60$  mm の位置では流速が半減しており、その部位で発生する空力音のパワーは十分に小さくなっていると考えられる。

実験は主流速度  $U$  を 20~40 m/s の間でさまざまに変えて行ったが、代表例として 30 m/s の場合について示す。円柱の直径  $d$  は 6 mm であり、 $d$  を代表長さとしたレイノルズ数 ( $Re=Ud/\nu$  ( $\nu$ : 空気の動粘度)) は  $1.2 \times 10^4$  である。実験においては傾斜部の開き角  $\theta$  を  $30^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$  の範囲で、曲率半径  $R$  を 13~28 mm に変化させた。

なお本研究では、供試体を挿入せずに風洞を運転し

Table 1 Curved columns grouped into three classes according to opening angles

| $\theta < 90^\circ$   | $\theta = 90^\circ$  | $\theta > 90^\circ$   |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Curved column   | Column   | Curved column   |

た場合、すなわち噴流のみの騒音を暗騒音 (B.G.N.) と定義する。

### 3. 実験結果および考察

はじめに、暗騒音の影響について検討する。流速 30 m/s での暗騒音を図 3 中に示す。測定される騒音は暗騒音と供試体からの発生音との合成音になっているため、供試体からの正確な発生音を求めるためには、測定騒音から暗騒音を差し引き、補正する必要がある。しかし、暗騒音は測定騒音と比較して 10 dB(A) 以上の差があり、測定騒音から暗騒音を差し引く場合には、デシベルの差の計算式より  $-0.45$  dB の補正值を測定騒音に加えるだけである。この補正值は無視できる程度であり、測定騒音を供試体からの発生音とみなして差し支えない。

**3.1 曲円柱から発生する空力音に対する開き角  $\theta$  の影響** 実験ではさまざまな  $\theta$  と  $R$  に関して検討した。その結果、曲円柱と等しい直径をもつ直円柱から発生する空力音とは異なる、新たな現象があらわれた。その特徴をはじめにまとめると以下となる。

- $\theta < 90^\circ$  の場合には、直円柱よりも周波数の高いエオルス音が発生する。
- $\theta > 90^\circ$  の場合には、エオルス音は消え、直円柱のエオルス音よりも低い周波数帯が支配的な広帯域の周波数成分をもつ雑音が発生する。

なお、以上の特徴は、 $R$  の相違にかかわらず、いずれも同様の傾向となる。

まず、代表例として、図 3 に  $\theta = 90^\circ, 45^\circ, 135^\circ$  の結果を示し、次に  $\theta$  を  $30^\circ \sim 135^\circ$  まで順次変化させたときの周波数特性の変化を図 4 に示す。いずれも  $R$  は 23 mm とする。

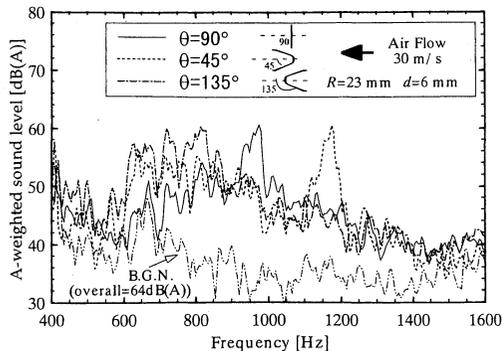
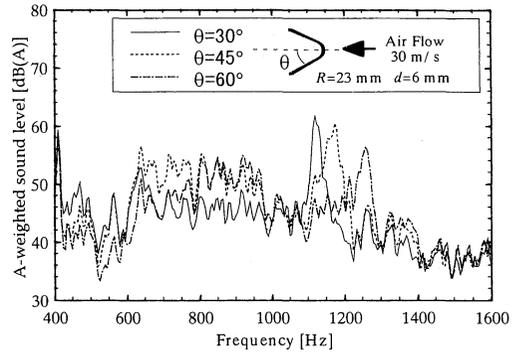
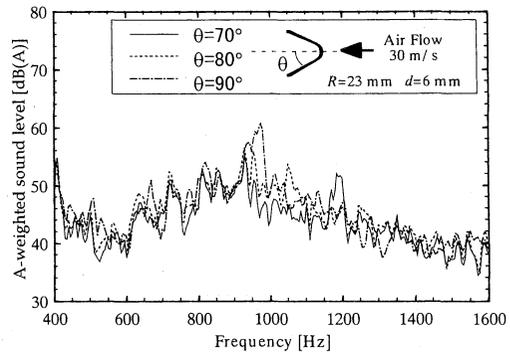


Fig. 3 Spectrum of aerodynamic sounds generated by curved columns ( $R=23$  mm)

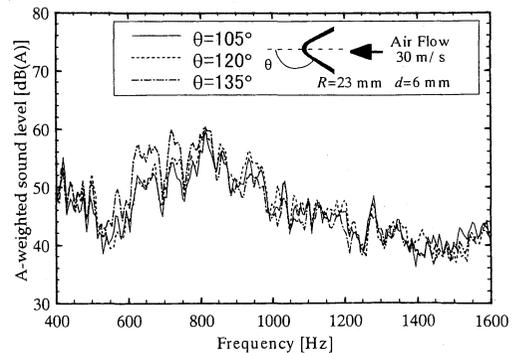
図 3 において、 $\theta = 90^\circ$  (実線) と  $\theta = 45^\circ$  (破線) の場合の発生音の周波数特性は、単一の鋭いピークをもっており、純音に近い音、すなわちエオルス音が発生している。これらのエオルス音のピークの周波数は  $\theta = 90^\circ$  では 975 Hz となるが、 $\theta = 45^\circ$  では 1175 Hz となり、曲円柱から発生するエオルス音のピークの周波数が高くなっている。このため、 $\theta = 90^\circ$  では「ひゅー」、 $\theta = 45^\circ$  では「びゅー」と聞こえる擬音で表現



(a)  $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ ,  $R=23$  mm



(b)  $\theta = 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ ,  $R=23$  mm



(c)  $\theta = 105^\circ, 120^\circ, 135^\circ$ ,  $R=23$  mm

Fig. 4 Effect of the opening angle  $\theta$  on aerodynamic sound generated by a curved column ( $R=23$  mm)

されるエオルス音となる。一方、 $\theta=135^\circ$ （一点鎖線）の場合では 600~800 Hz の広帯域の周波数帯が支配的な周波数特性をもつ。この場合では、「シュー」と聞こえる擬音で表現される広帯域の雑音が発生する。

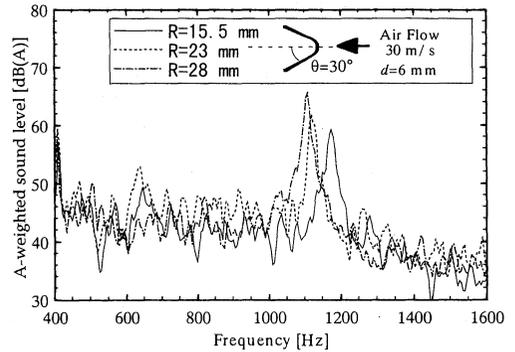
エオルス音が発生する場合の具体例として、 $\theta \leq 90^\circ$  の曲円柱の周波数特性を図 4(a), (b) に示す。R は 23 mm の一定値である。図 4(a) 中の  $\theta=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  の場合は、いずれも直円柱のエオルス音の周波数 975 Hz よりも高い、1100 Hz 以上の周波数帯に鋭いピークが現れており、エオルス音が発生していることがわかる。 $\theta=30^\circ$  では周波数が 1120 Hz に、62 dB(A) の騒音レベルをもつピークがあらわれるが、 $\theta$  をしだいに大きくし、 $60^\circ$  になるとピークの周波数は 1260 Hz まで高くなり、その騒音レベルは 56 dB(A) に減少する。また、 $\theta$  の変化によって、エオルス音のピーク周波数よりも低い周波数帯である 650~1000 Hz の騒音レベルも変動する。この低周波数帯の騒音レベルは、 $\theta=30^\circ$  の場合では 45 dB(A) 程度と小さいが、 $\theta=45^\circ$  では 600~900 Hz の周波数帯が 54 dB(A) 程度に増加し、 $\theta=60^\circ$  では 800~1000 Hz の周波数帯が 54 dB(A) 程度に増加する。しかし、いずれの場合にも低周波数帯の騒音レベルは、エオルス音のピークの騒音レベルよりも小さい。さらに  $\theta$  を大きくし、 $\theta=70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$  とした場合を図 4(b) に示す。 $\theta=70^\circ$  では、1185 Hz に 52 dB(A) のピークをもつが、低周波数側の騒音レベルが 935 Hz を中心に 55 dB(A) まで増加し、双峰の周波数特性となる。さらに  $\theta$  を大きくし  $\theta=80^\circ$  とすると、955 Hz 近傍の騒音レベルが 56 dB(A) と高くなり、その騒音レベルと同程度の騒音レベル [54 dB(A)] のピークが 1050 Hz にあらわれている。これは  $\theta=70^\circ$  と同様な双峰の周波数特性であるが、双峰の卓越周波数のうち、低周波数側のレベルのほうがさらに大きくなり、 $\theta$  の増加とともに直円柱 ( $\theta=90^\circ$ ) のエオルス音に近づく。

広帯域雑音が発生する曲円柱の具体例として、 $\theta > 90^\circ$  での曲円柱の周波数特性を図 4(c) に示す。R = 23 mm の一定値として、 $\theta=105^\circ, 120^\circ, 135^\circ$  と変化させた場合、いずれの場合も 600~900 Hz の周波数帯が支配的な周波数特性をもつが、 $\theta$  が大きくなると 600~900 Hz の周波数帯のうち、より低周波数側の騒音レベルが大きくなる傾向が見られる。

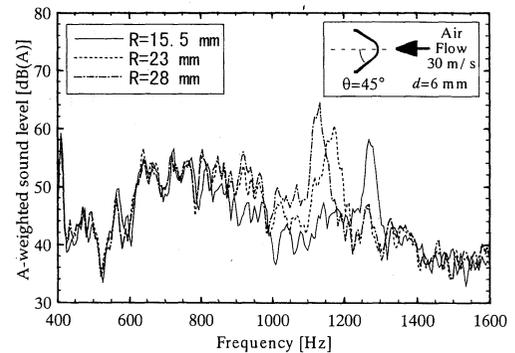
**3.2 曲率半径 R の影響**  $\theta$  を一定にした曲円柱から発生する空力音の周波数特性に対する R の影響は、エオルス音が発生する  $\theta < 90^\circ$  の場合と、広帯域雑音が発生する  $\theta > 90^\circ$  の場合とで、大きな相違があり、以下のようにまとめられる。

- エオルス音が発生する  $\theta < 90^\circ$  の場合では、R を変化させるとエオルス音のピークの周波数、ピークの騒音レベルの双方がともに変化する。
- 広帯域雑音が発生する  $\theta > 90^\circ$  の場合では、R を変化させても、発生する空力音の周波数特性に変化は見られない。

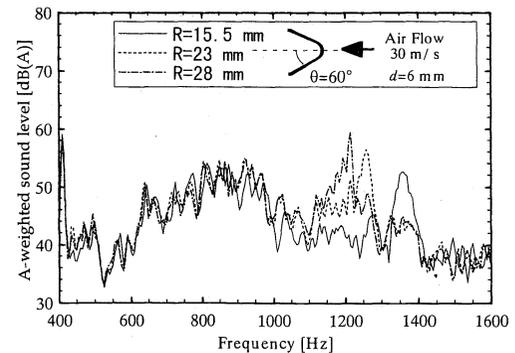
**3.2.1  $\theta < 90^\circ$  の場合** エオルス音が発生する  $\theta < 90^\circ$  の場合の結果を、図 5(a)~(c) に示す。図



(a) R=15.5 mm, 23 mm, 28 mm,  $\theta=30^\circ$



(b) R=15.5 mm, 23 mm, 28 mm,  $\theta=45^\circ$



(c) R=15.5 mm, 23 mm, 28 mm,  $\theta=60^\circ$

Fig. 5 Effect of the radius of curvature R on aerodynamic sound generated by a curved column ( $\theta < 90^\circ$ )

5(a)では、 $\theta=30^\circ$ において、 $R=15.5, 23, 28$  mmと変化させたが、 $R$ の変化によって約1000~1250 Hzの周波数帯に存在するエオルス音のピークの周波数とピークの騒音レベルが変化していることがわかる。一方、ピークが存在する周波数帯である約1000~1250 Hz以外では、 $R$ の変化による周波数特性の違いは見られない。この傾向は $\theta=45^\circ, 60^\circ$ においても同様で、それぞれの結果を図5(b), (c)に示す。 $\theta=45^\circ$ では1100~1300 Hzの周波数帯、 $\theta=60^\circ$ では1200~1400 Hzの周波数帯に存在するエオルス音のピークの周波数とピークの騒音レベルが $R$ に伴って変化しているが、ピークが存在する周波数帯以外では、 $R$ の変化による周波数特性の違いは見られない。図5(a)~(c)のそれぞれにおけるエオルス音のピークの変化をみると、 $R$ の増加にしたがって、ピークの周波数は低下し、ピークの騒音レベルは増加する傾向がみられる。具体的には、図5(a)の $\theta=30^\circ$ においては、 $R=15.5$  mmから28 mmに増加するとピークの周波数は1175 Hzから1100 Hzに低下し、同様に図5(b)の $\theta=45^\circ$ では1270 Hzから1135 Hzに、さらに図5(c)の $\theta=60^\circ$ では1360 Hzから1215 Hzに低下する。一方、ピークの騒音レベルは、 $\theta=30^\circ$ において、 $R=15.5$  mmから28 mmに増加すると、59 dB(A)から66 dB(A)に増加し、 $\theta=45^\circ$ では58 dB(A)から64 dB(A)に、さらに $\theta=60^\circ$ では53 dB(A)から59 dB(A)にそれぞれ増加する。このように、 $R$ の変化によってエオルス音の周波数およびその騒音レベルが変化していることから、曲円柱から発生するエオルス音は円弧部の影響を強く受けていることが明らかである。

そこで、曲円柱から発生する空力音に対する円弧部の影響を明らかにするために、円弧部をもたないV字状の円柱から発生する空力音と曲円柱から発生する空力音とを比較する。円弧部をもたないV字状の円柱は、2本の円柱をV字に接合した形状をなしており、これを本研究ではV字円柱と呼ぶこととする。V字円柱から発生する空力音の周波数特性を図6(a), (b)中の実線で示す。図6(a)の $\theta=45^\circ$ の場合、V字円柱から発生する空力音は、明確なピークをもたない600~800 Hzが支配的な周波数特性となり、円弧部が存在しない場合にはエオルス音が発生しないことを示している。同様に図6(b)の $\theta=60^\circ$ でも、V字円柱からエオルス音は発生せず、600~900 Hzが支配的な周波数特性となる。このことから、曲円柱から発生するエオルス音は、円弧部によって放射されていると考えられる。次に曲円柱から発生する空力音の周波数

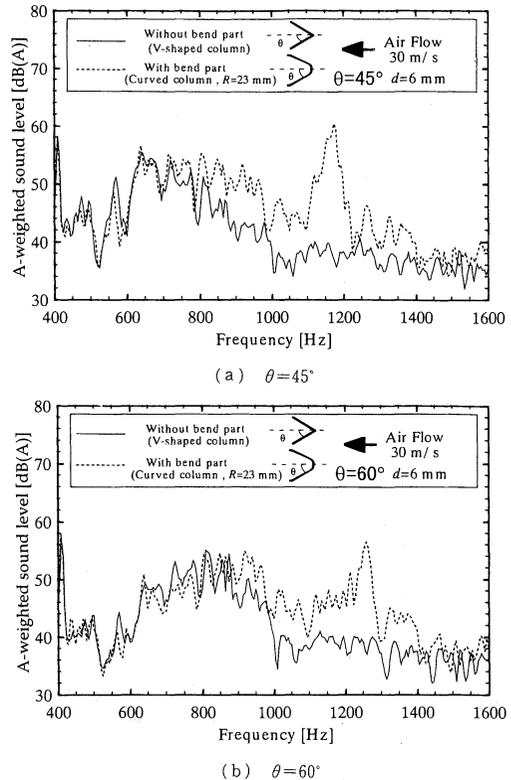
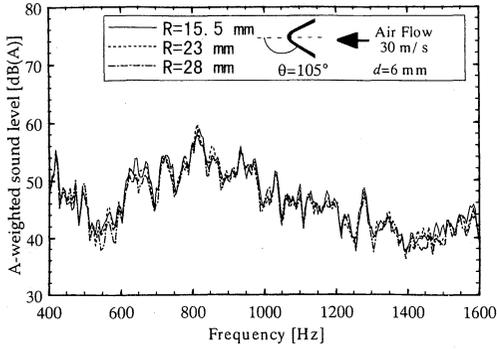


Fig. 6 Comparison of curved columns (with bend part) with V-shaped columns (without bend part) ( $\theta < 90^\circ$ )

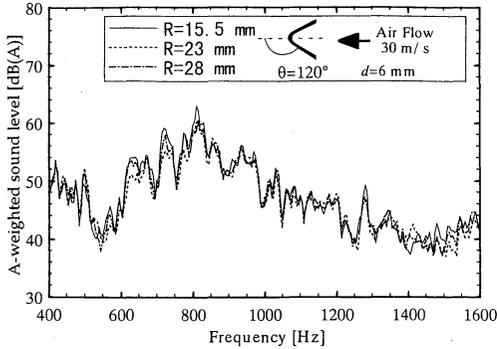
特性との比較を行うが、エオルス音が発生する曲円柱に対する $R$ の変化は、エオルス音のピークに対してのみ影響を及ぼすという上述の結果を考慮すると、1000 Hz以下の低周波数の範囲での周波数特性は、どの $R$ の曲円柱を選択しても変わりがない。ゆえに代表として $R=23$  mmの曲円柱とV字円柱とを比較する。図6(a)において、V字円柱の空力音の支配的な周波数帯は、曲円柱から発生した空力音の600~800 Hzの低周波数帯とほぼ一致している。これは、図6(b)でも同様であり、600~900 Hzの低周波数帯においてほぼ一致している。この結果より、V字円柱を曲円柱の傾斜部だけからなる円柱と考えると、その発生音と一致している曲円柱の低周波数帯の発生音は、曲円柱の傾斜部から発生していると考えられる。

以上のことから、 $\theta < 90^\circ$ の曲円柱から発生する空力音は、円弧部から発生するエオルス音と傾斜部から発生する低周波数帯の広帯域の音との複合音となっているといえる。

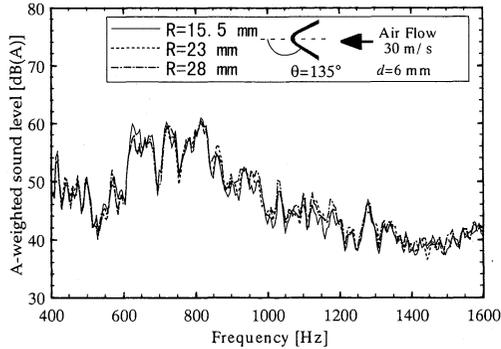
**3.2.2  $\theta > 90^\circ$ の場合** 広帯域雑音が発生する $\theta > 90^\circ$ の曲円柱に対する $R$ の影響を検討した結果を、



(a)  $R=15.5$  mm,  $23$  mm,  $28$  mm,  $\theta=105^\circ$



(b)  $R=15.5$  mm,  $23$  mm,  $28$  mm,  $\theta=120^\circ$

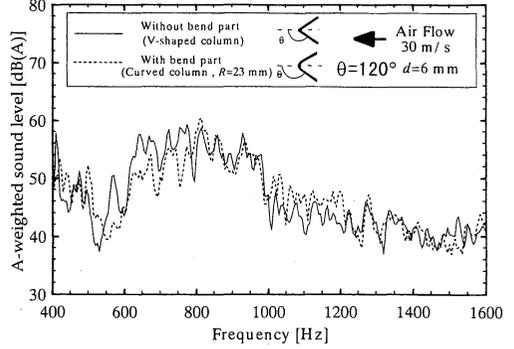


(c)  $R=15.5$  mm,  $23$  mm,  $28$  mm,  $\theta=135^\circ$

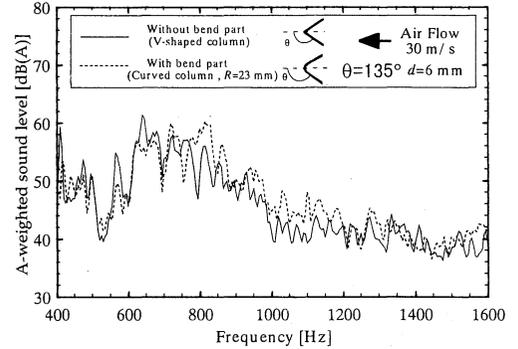
Fig. 7 Effect of the radius of curvature  $R$  on aerodynamic sound generated by a curved column ( $\theta > 90^\circ$ )

図 7(a)~(c)に示す。

$\theta=105^\circ$  の場合を図 7(a)に示す。 $R$  が変化しても曲円柱から発生する空力音の周波数特性にはほとんど変化はなく、 $R$  の影響を受けていないことが明らかである。このことは  $\theta=120^\circ, 135^\circ$  の場合も同様である。それぞれの場合の結果を図 7(b), (c)に示す。これらのことから、 $\theta > 90^\circ$  の曲円柱における  $R$  の変化は、発生する空力音の周波数特性に影響を与えないことが



(a)  $\theta=120^\circ$



(b)  $\theta=135^\circ$

Fig. 8 Comparison of curved columns (with bend part) with V-shaped columns (without bend part) ( $\theta > 90^\circ$ )

明らかである。

そこで、 $\theta > 90^\circ$  において V 字円柱と曲円柱とを比較検討する。 $\theta=120^\circ, 135^\circ$  の場合の比較結果を、それぞれ図 8(a), (b)に示す。 $\theta > 90^\circ$  の曲円柱は、 $R$  の影響を受けないことから、代表として  $R=23$  mm の場合の曲円柱との周波数特性を比較した。 $\theta=120^\circ$  では  $600 \sim 1000$  Hz、 $\theta=135^\circ$  では  $600 \sim 800$  Hz の周波数帯が支配的な広帯域の雑音が発生し、曲円柱と V 字円柱の両者の周波数特性はほぼ同様な特性をもつ。以上の結果より、 $\theta > 90^\circ$  の曲円柱から発生する空力音は、 $R$  の影響を受けず、 $\theta$  のみで空力音の周波数特性が特徴付けられると考えられる。

すなわち、 $\theta > 90^\circ$  の曲円柱から発生する広帯域の雑音では、曲円柱の傾斜部からの放射音が支配的となり、その周波数特性は開き角  $\theta$  のみに依存するといえる。

ゆえに、主流に対して傾斜した単体の直円柱と、 $\theta > 90^\circ$  の場合の曲円柱から発生する空力音は一致すると考えることができる。そこで、主流に対して傾斜した単体の直円柱を傾斜直円柱と呼ぶことにし、傾斜直

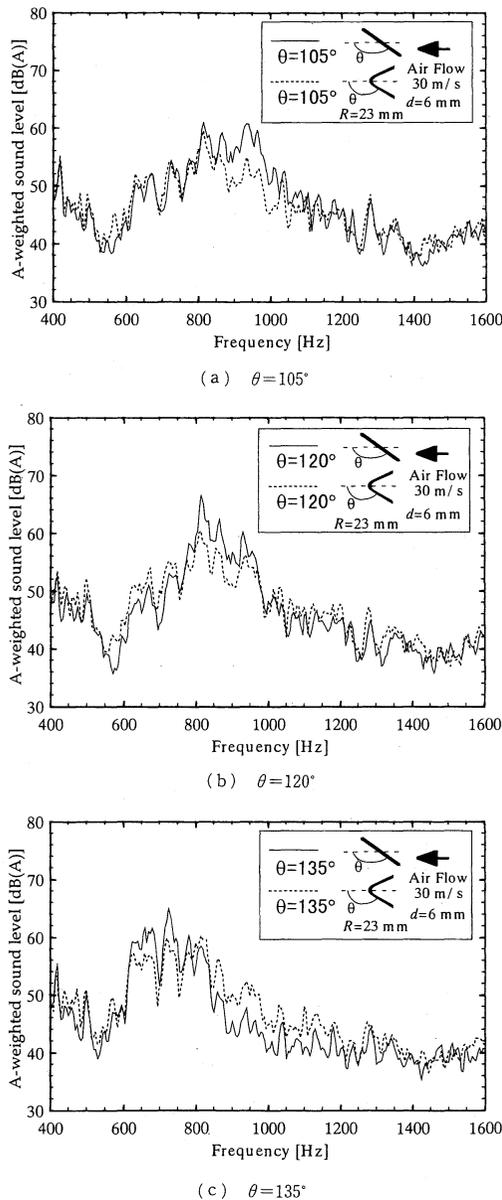


Fig. 9 Comparison of curved columns ( $R=23$  mm) with oblique straight columns

円柱から発生する空力音と曲円柱から発生する空力音を比較した結果を図9(a)~(c)に示す。いずれの場合の周波数特性においても、曲円柱と傾斜直円柱の両者の周波数特性はほぼ一致している。また、 $\theta$ が大きくなると、支配的な周波数帯が低下する傾向が見られる。傾斜直円柱後流の速度変動のスペクトルは明確なピークをもたない<sup>(8)(9)</sup>ために、発生した空力音の周波数は広帯域となっている。しかし、傾斜直円柱から

発生した空力音の中心となる周波数 $f_0$ を用い、さらに円柱軸に垂直な速度成分 $U_v$ により、軸直角ストロハル数<sup>(3)</sup> $St_t$ を求めると、

$$St_t = \frac{f_0 d}{U_v} = \frac{f_0 d}{U \cos(\theta - \pi/2)} \dots \dots \dots (1)$$

となる。ただし、 $\theta$ はラジアンで $\pi/2 < \theta < \pi$ であり、 $U$ は主流の平均速度である。式(1)より、 $St_t$ は0.19~0.21となり、山田ら<sup>(3)</sup>の結果とほぼ一致している。すなわち傾斜直円柱から発生する空力音の中心となる周波数は、円柱軸に垂直な速度成分によって決定されるといえる<sup>(3)</sup>。

以上より、 $\theta > 90^\circ$ の曲円柱から発生する空力音の周波数特性は開き角 $\theta$ に依存し、その支配的な周波数帯において中心となる周波数は、流速の円柱軸に垂直な成分によって決定される。

#### 4. 結 言

本研究では、直円柱の一部を曲率半径 $R$ で、開き角 $\theta$ に曲げたV字状の曲円柱を、一様気流中に挿入した場合に発生する空力音特性を実験的に明らかにした。その結果、直円柱から発生する空力音特性では見られない以下の新たな現象が明らかとなった。

(1) 曲率半径 $R$ が一定の曲円柱から発生する空力音は、開き角 $\theta$ で分けられ、 $\theta < 90^\circ$ では直円柱によるエオルス音より高い周波数のエオルス音が発生し、 $\theta > 90^\circ$ ではエオルス音は発生せず、直円柱によるエオルス音より低い周波数帯が支配的な広帯域雑音が発生する。

(2) 開き角 $\theta < 90^\circ$ において $\theta$ が一定の場合、円弧部の曲率半径 $R$ の増加に伴い、発生するエオルス音の周波数は低下するが、その騒音レベルは増加する。一方、 $\theta > 90^\circ$ の場合には、 $R$ の変化は発生する広帯域雑音の周波数特性に影響を及ぼさない。

(3)  $\theta < 90^\circ$ の場合の曲円柱では、円弧部からエオルス音が発生し、そのエオルス音よりも低い周波数帯が支配的な広帯域の雑音が傾斜部から発生しており、両者の複合音となる。一方、 $\theta > 90^\circ$ の場合の曲円柱では、曲円柱と等しい $\theta$ をもち、かつ傾斜部のみからなるV字円柱の発生音とほぼ一致することから、傾斜部から発生する広帯域雑音が支配的となる。

なお、曲円柱のエオルス音の周波数が同一直径の直円柱のエオルス音よりも高くなる機構が明らかとはなっておらず、今後の検討課題となっている。また現在、後流の速度変動と発生音の相関性に関する測定を行っており、発生する空力音の詳細な発生メカニズムの解明は今後の検討課題としたい。

## 文 献

- (1) 森藤良夫, 騒音制御, 14-5 (1900) 13-17.
- (2) 藤田肇・白石純一・栗田健・丸田芳幸・山田彰二, 機論, 62-593, B(1996), 187-193.
- (3) 山田彰二・藤田肇・丸田芳幸・楨浩幸・白石純一, 機論, 63-610, B(1997), 1974-1979.
- (4) 加藤千幸・高野靖・飯田明由・藤田肇・池川昌弘, 機論, 60-569, B(1994), 126-132.
- (5) 古池治孝・石原国彦・後藤知伸・高野泰齊, 機論, 62-595, B(1996), 992-998.
- (6) 望月修・木谷勝・鈴木忠司・新井敬, 機論, 60-578, B(1994), 3223-3229.
- (7) 富田幸雄・稲垣進・鈴木昭次・横山俊雄, 機論, 51-468, B(1985), 2571-2580.
- (8) 白樫正高・長谷川篤・脇屋正一, 機論, 51-468, B(1985), 2499-2504.
- (9) 林農・吉野章男・若良二・田辺征一・河村哲也, 機論, 58-546, B(1992), 297-304.